FACTSHEET
ANIMAL SCIENCE
ORDER NO. 04-083
NOVEMBER 2004
AGDEX 440/40
Ontario Ministry of Agriculture and Food

RENDEMENT NAPOLE GENE AND PORK QUALITY

W. Du

INTRODUCTION

Rendement Napole (RN) gene is a swine gene found to cause low ultimate pH and water holding capacity (WHC) in pork. The gene is also commonly called the "acid meat gene" or "Hampshire effect" due to the low ultimate meat pH it causes and because this gene has primarily been observed in purebred or crossbred Hampshire populations. The negative effects of the RN gene on pork quality result in economic losses in the pork industry. Pork producers can reduce the impact of the RN gene by adopting RN gene-free policies for their herds.

INHERITANCE

A research study in 1985 identified the relationship between the RN gene and low pH pork. Unlike the porcine stress syndrome (PSS) or Halothane gene, which has incomplete recessive effects on stress incidence and meat quality, the RN gene appears completely dominant. This dominance implies that a copy of the RN gene inherited from only one parent can cause poor meat quality.

In genetic terms, inheritance of the RN gene is at a single locus and there are 2 alleles: one dominant mutant allele (RN^-) and one recessive normal allele (rn^+). The dominant RN^- allele causes low ultimate pH of all muscles, especially the loin and ham muscles.

Each parent provides one allele to his or her progeny, or offspring. Therefore, there are 3 possible genotypes: homozygous normal (rn^+/rn^+), heterozygous or carrier (RN^-/rn^+) and homozygous mutant (RN^-/RN^-). For example, if a homozygous mutant boar is mated to a homozygous normal sow, 100% of their offspring will be RN gene carriers. The mating of a RN gene carrier boar with a homozygous normal sow will result in 50% of the piglets being carriers. The only way to avoid the effects of the RN gene is to breed a homozygous normal sow to a homozygous normal boar. Table 1 lists possible mating combinations and resulting genotypes.

TABLE 1. Possible Mating Combinations and Resulting Rendement Napole (RN) Genotypes

Parent A	Parent B	Progeny Genotypes
rn^+/rn^+	rn^+/rn^+	100% rn^+/rn^+
rn^+/rn^+	RN^-/rn^+	50% rn^+/rn^+, 50% RN^-/rn^+
rn^+/rn^+	RN^-/RN^-	100% RN^-/rn^+
RN^-/rn^+	RN^-/rn^+	50% RN^-/rn^+, 25% rn^+/rn^+, 25% RN^-/RN^-
RN^-/rn^+	RN^-/RN	50% RN^-/rn^+, 50% RN^-/RN^-
RN^-/RN^-	RN^-/RN	100% RN^-/RN^-

EFFECTS OF RN GENE ON MEAT QUALITY

Extensive research on the effects of the RN gene on pork production, especially on pork quality, has been carried out worldwide since it was discovered. Studies on the impact of the RN gene on fresh and processed pork quality have consistently shown that the RN gene has negative effects on meat pH, WHC, colour, drip loss, cooking loss and processing yield.

The negative effects of the RN gene are a result of a dramatic increase in glycogen levels in the muscle of live pigs that have the gene. Glycogen is the form in which sugars are stored, particularly in liver and muscle. After slaughter, muscle glycogen is converted to lactic acid, which lowers the muscle pH. Therefore, the more glycogen the muscle contains, the more lactic acid will be produced and the lower the ultimate pH of the muscle will be. The increased lactic acid levels may result in muscle pH dropping below 5.5 within 24 hours after slaughter. This low and dramatic drop in meat pH causes a breakdown in protein, which results in pale muscle colour and poor WHC in the meat.

The "acid meat" condition is very similar in characteristics to the pale, soft and exudative (PSE) pork condition caused by the PSS gene. In fact, when the PSS gene is present, it intensifies the effect of the RN gene on meat quality.

Figure 1 illustrates the relationship between meat quality and post-mortem changes in muscle pH in normal pork, acid pork, PSE pork, and dark, firm and dry (DFD) pork.

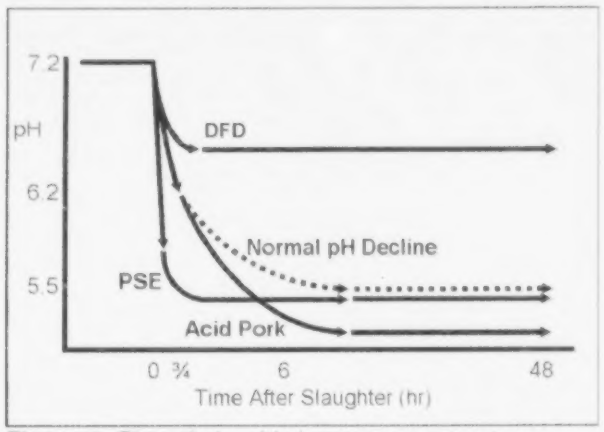

Figure 1. The relationship between post-mortem changes in muscle pH and pork quality. (Source: Austin Murray, Lacombe Research Centre, Agriculture and Agri-Food Canada)

One study reported that the RN gene reduces the ultimate pH of all muscles, especially the loin and ham muscles. Drip and cooking losses of meat from heterozygous RN pigs were 21% and 12% greater, respectively, while the ham yield was 7% lower than that from RN gene-free animals. A study completed in the U.S. indicated that loin ultimate pH, colour scores and WHC were all significantly poorer for RN gene carriers than for those of normal pigs. In addition, loins from heterozygous RN pigs had significantly lower marbling scores and intramuscular fat content.

On the other hand, there are also reports indicating that the RN gene appears to have some positive effects on eating quality. Pork from the RN gene carriers has increased tenderness, a stronger taste and improved juiciness. For example, the National Pork Producers Council's (NPPC) Terminal Line Study showed that Hampshires had more tender and juicier meat after cooking than a variety of genotypes. However, another study found no differences for mechanical and sensory tenderness between the genotypes measures. It also found that pork from RN gene carriers had poor flavour and taste in comparison with pork from RN gene free animals. In addition, this study found no differences for growth rate and carcass characteristics, such as 10th-rib backfat thickness and loin muscle area, between the RN carriers and RN gene-free pigs.

EFFECT OF RN GENE ON ECONOMIC RETURNS

The economic losses associated with the RN gene can be considerable. High drip and cooking losses mean losses of meat yield or weight, which directly translate to losses of profit to processors. Poor meat colour, either pale or dark, does not appeal to consumers and, therefore, the meat is less marketable. Meat with extremely low ultimate pH has poor curing and processing characteristics. The Canadian Centre for Swine Improvement estimated that the average cost of the RN gene to the pork industry was approximately $12 per carcass.

DETERMINATION OF THE RN GENOTYPE

Prior to the discovery of the causative mutation and availability of DNA test techniques, the RN gene was determined or predicted by using an indirect indicator termed "glycolytic potential" (GP). The GP is the sum of glycogen and the intermediate compounds (glucose-6-phospate and glucose) that can all be converted into lactic acid or lactate. The GP-based classification of RN genotypes is not accurate and sometimes can produce misleading results. With this method, it is also not possible to distinguish between homozygous mutant (RN$^-$/RN$^-$) and heterozygote (RN$^-$/rn$^+$) without backcrossing.

Currently, there is a DNA diagnostic test commercially available to the pork industry for RN gene detection. The DNA test is accurate and reliable, and takes less time to conduct than the GP test. Unlike the GP test, the DNA tests can accurately distinguish all three genotypes without backcrossing.

RN GENE IN CANADA

The RN gene is present in Canada, primarily in the Hampshire and Hampshire-crossed populations. A study conducted at the Lacombe Research Centre of Agriculture and Agri-Food Canada (AAFC) in Alberta showed that, based on GP measurements, 25% of the pork chops purchased from retail outlets in Alberta had very high glycolytic potential and were probably from RN gene carriers. The researchers suggested that this high RN gene frequency in Alberta might be due to the controlled or uncontrolled introduction or use of Hampshire in market hog production in the province.

DNA test results from a recent joint study carried out in Canada indicated that three major Canadian breeds (Duroc, Yorkshire and Landrace) appear to be free from the RN gene. The study also found that there was high RN gene frequency in the Canadian Hampshire population, with the frequency varying among the herds studied (see *Table 2*, next page). This DNA study was done on a sample of 404 pigs: 305 purebred boars (Duroc, Yorkshire and Landrace) from artificial insemination (AI) centres located in four regions – Atlantic, Quebec, Ontario and West, 85 Hampshire male and female pigs, 4 AI Hampshire boars and 10 others.

With evidence of the detrimental effects of the RN gene on pork quality and industry profitability, the RN gene should be completely removed from Ontario pigs and breeding stocks. Attention should be paid to the Hampshire breed and its crossbreds because the RN gene frequency in this population is high.

Eradication of the RN gene from the Ontario commercial pig population would require commitment and coordinated efforts from all parties involved in the pork chain. Eradication of the gene can be achieved by taking the following measures:

- All market hog producers should adopt a RN gene-free policy.
- Producers should test their on-farm selected breeding stock replacements for the RN gene if they do not know the status of the gene in their herds.
- When purchasing new breeding materials (animals, semen and embryos), producers should require that all purchases be certified RN gene-free.
- Genetics suppliers must ensure that no RN gene exists in herds that are marketed as RN gene-free.

TABLE 2. Distribution of RN Genotypes by Pig Breeds in Canada

Breed	Total number of pigs tested	RN Genotype					
		rn^+/rn^+		RN^-/rn^+		RN^-/RN^-	
		No of pigs	%	*No of pigs*	%	*No of pigs*	%
Hampshire	89	19	21.4	31	34.8	39	43.8
Duroc	116	116	100	0	0	0	0
Landrace	79	79	100	0	0	0	0
Yorkshire	110	110	100	0	0	0	0
Others	10	10	100	0	0	0	0

Source: Houde et al. 2002

SUMMARY

Numerous studies support the conclusion that the RN gene has significant negative effects on pork quality and financial returns of the pork industry. Although there were reported benefits of the RN gene on pork eating quality, these benefits are neither significant nor conclusive. The RN gene's detrimental effects on pork quality and financial returns outweigh its positive effects, if any. To further improve pork quality and economic returns, the pork industry should take steps to eliminate the RN gene from the entire commercial swine population.

REFERENCES

Canadian Centre for Swine Improvement. 2001. RN Gene Testing in Canadian AI Boars.

Houde A., Bard L., Poitras E., Gariepy C., Chesnais J. and Milan D. 2002. Determination of the frequency of the RN gene in the breeds of pigs used for breeding purposes in Canada. CIP Magazine-The Who's Who in Canadian Purebred Swine. P 12-13.

Mabry, J. W., T. J. Baas and R. K. Miller. The Impact of Genetics on Pork Quality (Revised). Pork Quality Facts. National Pork Board, U.S.A.

This Factsheet was written by **Wayne Du**, Pork Quality Assurance Program Lead, Ontario Ministry of Agriculture and Food and reviewed by **Yuefu Liu**, Geneticist, Canadian Centre for Swine Improvement.

Agricultural Information Contact Centre
1-877-424-1300
ag.info@omaf.gov.on.ca

www.omaf.gov.on.ca

POD
ISSN 1198-712X
Également disponible en français
(commande n° 04-084)

Ontario

0121010040834

FICHE TECHNIQUE

ZOOTECHNIE

COMMANDE N° 04-084

NOVEMBRE 2004

AGDEX 440/40

Ontario Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation

GÈNE DU RENDEMENT NAPOLE ET QUALITÉ DU PORC

W. Du

INTRODUCTION

Le gène du rendement Napole (RN) est un gène porcin dont on a établi qu'il provoque un abaissement anormal du pH ultime et de la capacité de rétention d'eau (CRE) de la viande de porc. Beaucoup d'auteurs l'appellent aussi le gène de la « viande acide » à cause du faible pH ultime qu'il provoque, ou le gène de « l'effet Hampshire », à cause de sa fréquence élevée chez les porcs Hampshire de race pure ou croisés. La baisse de qualité de la viande de porc causée par le gène RN entraîne des pertes économiques pour l'industrie porcine. Or, les producteurs de porcs peuvent en réduire l'incidence en adoptant des pratiques visant l'élimination du gène RN dans leurs troupeaux.

HÉRÉDITÉ

En 1985, une étude a mis au jour le rapport entre le gène RN et l'acidité de la viande de porc. À la différence du gène du syndrome de stress porcin (SSP), ou gène de sensibilité à l'halothane (HAL), qui exerce un effet récessif incomplet sur l'incidence du stress et la qualité de la viande, le gène RN semble complètement dominant. Cela signifie qu'une copie du gène RN apportée par un seul des deux parents suffit pour que les descendants héritent du défaut de la viande acide.

Sur le plan génétique, le gène RN est situé à un seul locus et présente deux formes alléliques : un allèle mutant dominant (RN^-) et un allèle normal récessif (rn^+). L'allèle RN^- dominant cause une baisse marquée du pH ultime de tous les muscles, en particulier la longe et les jambons.

Comme chaque parent transmet un allèle à ses descendants, trois génotypes sont possibles : homozygote normal (rn^+/rn^+), hétérozygote ou porteur (RN^-/rn^+) et homozygote mutant (RN^-/RN^-). Par exemple, si un verrat homozygote mutant est croisé avec une truie homozygote normale, 100 % des descendants seront porteurs du gène RN. Si un verrat porteur du gène RN est croisé avec une truie homozygote normale, 50 % de porcelets seront porteurs du gène. Le seul moyen d'éviter les effets du gène RN consiste à utiliser des truies homozygotes normales et des verrats homozygotes normaux. Le *tableau 1* fait la liste des croisements possibles et des génotypes des descendants dans chaque cas.

TABLEAU 1. Gamme des croisements possibles entre porcs possédant le gène du rendement Napole (RN) et génotypes correspondants

Parent A	Parent B	Génotypes des descendants
rn^+/rn^+	rn^+/rn^+	100 % de rn^+/rn^+
rn^+/rn^+	RN^-/rn^+	50 % de rn^+/rn^+, 50 % de RN^-/rn^+
rn^+/rn^+	RN^-/RN^-	100 % de RN^-/rn^+
RN^-/rn^+	RN^-/rn^+	50 % de RN^-/rn^+, 25 % de rn^+/rn^+, 25 % de RN^-/RN^-
RN^-/rn^+	RN^-/RN^-	50 % de RN^-/rn^+, 50 % de RN^-/RN^-
RN^-/RN^-	RN^-/RN^-	100 % RN^-/RN^-

EFFETS DU GÈNE RN SUR LA QUALITÉ DE LA VIANDE

Depuis que le gène RN a été découvert, les chercheurs de nombreux pays en ont étudié les effets sur la production porcine, et surtout sur la qualité de la viande. Les études qui ont ciblé le lien entre le gène RN et la qualité du porc frais et du porc transformé ont invariablement conclu à une influence négative sur le pH, la capacité de rétention d'eau, la couleur, la perte de poids au ressuyage, la perte de poids à la cuisson et le rendement charcutier.

Cette influence négative résulte de la présence, chez le porc vivant, d'une teneur en glycogène musculaire beaucoup plus élevée que la normale. Le glycogène est la forme sous laquelle les glucides sont stockés dans l'organisme et plus particulièrement dans le foie et les muscles. Après l'abattage, le glycogène musculaire se transforme en acide lactique, ce qui abaisse le pH musculaire. Il s'ensuit que plus le muscle contient de

glycogène, plus il produira de l'acide lactique et plus le pH musculaire ultime baissera. Une teneur élevée en acide lactique peut faire chuter le pH musculaire au-dessous de 5,5 dans les 24 heures qui suivent l'abattage. Cette chute lente et importante du pH entraîne une détérioration des protéines, laquelle entraîne la décoloration de la viande et une diminution de sa capacité de rétention d'eau.

Le défaut de la « viande acide » présente plusieurs caractéristiques communes avec le défaut de la viande exsudative (PSE) imputable au gène du SSP. D'ailleurs, l'effet du gène RN sur la qualité de la viande est intensifié chez les porcs qui ont aussi le gène du SSP.

La *figure 1* montre le rapport entre la qualité de la viande et l'évolution du pH musculaire après l'abattage chez un porc normal, un porc à « viande acide », un porc à viande exsudative et un porc à « viande noire » (sèche, ferme et foncée).

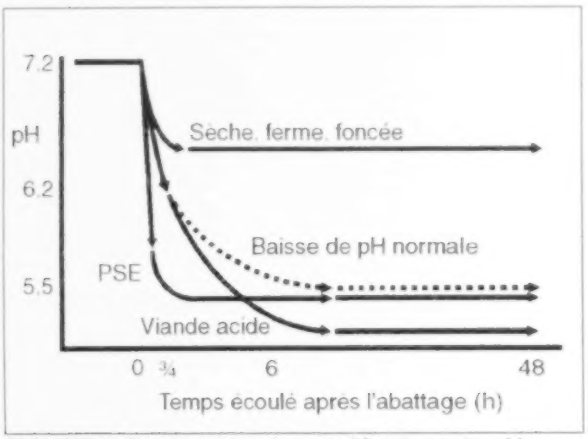

FIGURE 1. Rapport entre les modifications du pH dans les muscles après l'abattage et la qualité de la viande de porc. (Source : Austin Murray, Centre de recherches de Lacombe, Agriculture et Agroalimentaire Canada)

Une étude a permis de constater que le pH ultime de tous les muscles, en particulier la longe et les jambons, est nettement plus bas chez les individus qui possèdent le gène RN. Dans une étude comparative, les carcasses de porcs hétérozygotes porteurs du gène RN affichaient une diminution du poids après ressuyage et du rendement à la cuisson de 21 % et de 12 % respectivement plus élevée que les carcasses de porcs non porteurs du gène RN, tandis que leur rendement en jambon était inférieur de 7 %. Une étude réalisée aux États-Unis a montré que les longes de porcs RN présentaient un pH ultime, des cotes de couleur et une CRE qui étaient tous nettement moins bons que chez les porcs normaux. De plus, les longes des porcs hétérozygotes porteurs du gène RN se classaient nettement moins bien quant au persillé et au gras intramusculaire.

En revanche, il existe aussi des recherches qui tendent à montrer que le gène RN aurait des effets bénéfiques sur la qualité sensorielle de la viande, en augmentant la tendreté, la saveur et la jutosité. Par exemple, dans une étude effectuée sur des porcs de lignées terminales, le National Pork Producers Council (NPPC) a montré que les sujets Hampshire avaient une viande plus tendre et plus juteuse après cuisson que les autres génotypes. Par contre, une autre étude n'a pas trouvé de différences entre les génotypes pour ce qui concerne la tendreté mécanique et la tendreté sensorielle. Elle a en outre jugé moins bonnes la flaveur et la saveur de la viande des sujets RN. Qui plus est, elle n'a pas constaté de différences entre les deux groupes de porcs, dans le taux de croissance et les caractéristiques de carcasse, telles que l'épaisseur du gras dorsal au niveau de la 10e côte et la grosseur du muscle long dorsal.

EFFET DU GÈNE RN SUR LE RENDEMENT ÉCONOMIQUE

Le manque à gagner imputable au gène RN peut être considérable. Les pertes élevées enregistrées après le ressuyage de la carcasse et la cuisson de la viande diminuent le poids de viande commercialisable, ce qui réduit directement la marge bénéficiaire du transformateur. La couleur médiocre de la viande, pâle ou au contraire foncée, rebute le consommateur et réduit donc sa valeur sur le marché. Une viande qui présente un pH ultime extrêmement bas a de moins bonnes aptitudes à la salaison et à la deuxième transformation. Selon des estimations du Centre canadien pour l'amélioration des porcs Inc., le gène RN ferait perdre à l'industrie porcine environ 12 $ en moyenne par carcasse.

DÉTERMINATION DU GÉNOTYPE RN

Avant la découverte de la mutation causative et la mise au point de techniques de détection fondées sur l'analyse de l'ADN, on déterminait ou on estimait la présence du gène RN à l'aide d'un indicateur indirect appelé « potentiel glycolytique » (PG). Le PG est la somme du glycogène et des composés intermédiaires (glucose-6-phosphate et glucose) qui sont tous susceptibles de se transformer en acide lactique ou en lactate. Cependant, le classement des génotypes RN d'après le PG est imprécis et peut parfois induire en erreur. Il ne permet pas non plus de faire la distinction entre un homozygote mutant (RN^-/RN^-) et un hétérozygote (RN^-/rn^+) sans procéder d'abord à un croisement en retour.

À l'heure actuelle, l'industrie porcine peut détecter le gène RN à l'aide d'un test d'ADN disponible sur le marché. Ce test est précis, donne des résultats sûrs et prend moins de temps que la mesure du PG. Qui plus est, à la différence de cette dernière, il permet de

distinguer à coup sûr les trois génotypes sans qu'il soit besoin de faire des croisements en retour.

PRÉSENCE DU GÈNE RN AU CANADA

Le gène RN est présent au Canada, principalement dans les populations de porcs Hampshire de race pure ou croisés. Dans une étude menée au Centre de recherches de Lacombe (Alberta), le ministère de l'Agriculture et de l'Agroalimentaire du Canada (AAC) a trouvé que 25 % des côtelettes de porc achetées dans les magasins de détail en Alberta avaient un potentiel glycolytique très élevé et qu'elles provenaient probablement de porcs porteurs du gène RN. Les chercheurs présument que la fréquence élevée de ce gène RN en Alberta pourrait résulter de l'utilisation contrôlée ou non de porcs de race Hampshire pour la production des porcs d'engraissement dans cette province.

Les résultats des tests d'ADN effectués au Canada dans le cadre d'une étude conjointe récente tendent à montrer que trois grandes races canadiennes (Duroc, Yorkshire et Landrace) ne possèdent pas le gène RN. L'étude a également constaté une fréquence élevée du gène RN au sein du cheptel Hampshire canadien, une fréquence qui varie selon les troupeaux étudiés (voir le *tableau 2*, ci-dessous). Cette étude fondée sur une analyse de l'ADN a porté sur un échantillon de 404 porcs : 305 verrats de race (Duroc, Yorkshire et Landrace) appartenant à des centres d'insémination artificielle (IA) de quatre régions – Atlantique, Québec, Ontario et Ouest, 85 verrats et truies Hampshire, 4 verrats Hampshire de centres d'IA et 10 verrats de différentes races.

Puisque les études prouvent les effets néfastes du gène RN sur la qualité du porc et la rentabilité de l'industrie, il serait utile d'éradiquer complètement ce gène du cheptel reproducteur et commercial en Ontario. Les efforts à mener en ce sens devront être concentrés sur les populations de porcs Hampshire, de race pure ou croisés, dans lesquelles la fréquence du gène RN est élevée.

Éradiquer le gène RN des troupeaux porcins commerciaux en Ontario est une entreprise qui exigera détermination et efforts coordonnés de la part de toutes les parties intervenant dans la filière porcine. Le succès de cette entreprise repose sur les mesures suivantes :

- Tous les exploitants de porcheries d'engraissement devraient adopter des pratiques axées sur l'élimination des porcs possédant le gène RN.
- Les producteurs qui ne connaissent pas le statut génétique de leur troupeau devraient tester les animaux reproducteurs issus de leur troupeau pour vérifier qu'ils ne possèdent pas le gène RN.
- Les producteurs qui achètent du matériel génétique de l'extérieur (animaux, sperme ou embryons) devraient exiger des vendeurs l'attestation que tous ces produits sont exempts du gène RN.
- Les fournisseurs de matériel génétique doivent s'assurer de l'absence du gène RN dans les troupeaux qu'ils commercialisent comme étant exempts du gène RN.

TABLEAU 2. Ventilation des génotypes associés au gène RN par race porcine au Canada

Race	Nombre total de porcs soumis au dépistage	Génotype RN					
		rn^+/rn^+		RN^-/rn^+		RN^-/RN^-	
		N^bre de porcs	%	*N^bre de porcs*	%	*N^bre de porcs*	%
Hampshire	89	19	21,4	31	34,8	39	43,8
Duroc	116	116	100	0	0	0	0
Landrace	79	79	100	0	0	0	0
Yorkshire	110	110	100	0	0	0	0
Autres	10	10	100	0	0	0	0

Source : Houde et coll., 2002

RÉSUMÉ

L'influence très défavorable du gène RN sur la qualité du porc et les résultats financiers de l'industrie porcine est amplement étayée par de nombreuses études. Il existe certes des études qui attribuent également au gène RN une amélioration de la qualité organoleptique de la viande de porc, mais cet effet est de faible importance et n'est pas suffisamment prouvé. Les effets défavorables du gène RN sur la qualité du porc et le rendement financier pèsent plus lourds que les effets positifs, à supposer qu'ils existent. Pour continuer d'améliorer la qualité du porc et le rendement financier, l'industrie porcine devrait entreprendre d'éliminer le gène RN de la totalité de son cheptel de porcs commerciaux.

RÉFÉRENCES

Centre canadien pour l'amélioration des porcs Inc. 2001. RN Gene Testing in Canadian AI Boars.

Houde A., Bard L., Poitras E., Gariepy C., Chesnais J. et Milan D. 2002. Determination of the frequency of the RN gene in the breeds of pigs used for breeding purposes in Canada. *CIP Magazine* – The Who's Who in Canadian Purebred Swine, p. 12-13.

Mabry, J. W., T. J. Baas et R. K. Miller, The Impact of Genetics on Pork Quality (Revised). *Pork Quality Facts*. National Pork Board, États-Unis.

Nous remercions le Secrétariat d'État pour sa contribution financière à la réalisation de la présente fiche technique.

Cette fiche technique a été rédigée par **Wayne Du**, chef du Programme d'assurance de la qualité du porc du ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario. Elle a été relue par **Yuefu Liu**, généticien, du Centre canadien pour l'amélioration des porcs Inc.

Centre d'information agricole
1 877 424-1300
ag.info@omaf.gov.on.ca

www.omaf.gov.on.ca

POD
ISSN 1198-7138
Also available in English
(Order No. 04-083)

Ontario

0121010040844